

# 航空制造技术

2013年第16期 总第436期



封面文章  
**航空发动机风扇/压气机  
叶片制造关键技术**

专稿  
**钛合金两层整体构件超塑成形/  
焊接组合工艺与质量控制**

专题  
**钛合金结构成形及焊接技术**

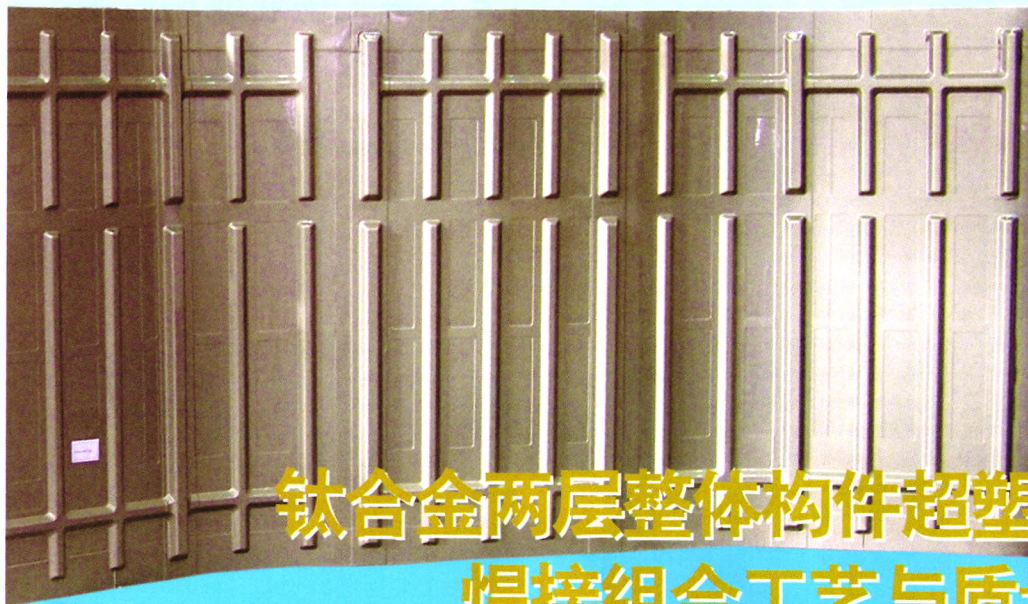
[www.aerotime.cn](http://www.aerotime.cn)

ISSN 1671-833X



ISSN 1671-833X CN11-4387/V  
万方数据

28  
专稿  
Feature



## 钛合金两层整体构件超塑成形/ 焊接组合工艺与质量控制

李晓华 史一宁 韩秀全 等

### 封面文章 Cover Story

- 34** 航空发动机风扇/压气机叶片制造关键技术  
——李海宁 赵贇 史耀耀 等  
Key Technology of NC Machining for Aeroengine Fan/  
Compressor Blade  
Li Haining Zhao Yun Shi Yaoyao et al

### 新视点 New Viewpoint

- 38** 基于知识管理的航空专用装备电气知识分类  
及应用研究  
——王阿龙 孟玉华 张爱清  
Classification and Application of Knowledge  
Management Based Electric Knowledge for Special  
Aviation Equipment  
Wang Along Meng Yuhua Zhang Aiqing

### 精益研发 Lean R&D

- 44** 发动机质量管理信息集成平台  
——郭曼莉 刘勇  
Integrated Platform of Aeroengine Quality Management  
Information  
Guo Manli Liu Yong

### 现代管理 Modern Management

- 46** 航空结构件项目绩效评价体系  
——徐明  
Performance Appraisal System for Aircraft Structure  
Project  
Xu Ming



程凯

精密超精密加工技术专家

### 超塑成形/连接技术

SPF/DB Technology

- 52 钛合金三层空心结构模拟件设计及高周疲劳实验

—— 邓瑛 韩秀全 邵杰 等  
Titanium Alloy Three Layers Hollow Component-Like Specimen Design and High Cycle Fatigue Test  
Deng Ying Han Xiuquan Shao Jie et al

- 55 热处理对SPF/DB后钛合金组织及性能的影响

—— 邓武警 邵杰 曾元松 等  
Influence of Heat Treatment on Microstructure and Properties of Titanium Alloy after SPF/DB  
Deng Wujiang Shao Jie Zeng Yuansong et al

- 58 钛合金空心风扇叶片加工误差对其性能影响的初步分析

—— 刘业胜 曹玮 郭福水 等  
Analysis of Effect of Titanium Hollow Fan Blade Manufacturing Process Error on Its Performance  
Liu Yesheng Cao Wei Guo Fushui et al

- 65 钛合金激光焊接/超塑成形技术研究

—— 李保永 孙燧 刘洋 等  
Study on Laser Beam Welding/Superplastic Forming Technology of Titanium Alloy  
Li Baoyong Sun Yi Liu Yang et al

- 69 SPF/DB三层筒形回转结构设计与承载分析研究

—— 韩晓宁 邵杰 白雪飘 等  
Research on Design and Analysis of SPF/DB Three-Sheet Tubular Structure  
Han Xiaoning Shao jie Bai Xuepiao et al

### 钛合金焊接技术

Titanium Alloy Welding Technology

- 72 TA15钛合金电子束焊加强框的发展与应用

—— 许平 张伟宁  
Development and Application of TA15 Titanium Alloy Main Load-Carrying Frame Welded by Electron Beam  
Xu Ping Zhang Weining

- 76 航空钛合金表面激光熔覆Ti<sub>3</sub>Al基复合涂层的组织性能分析

—— 李嘉宁 巩水利 单飞虎 等  
Analysis of Microstructure Performance of Laser Clad Ti<sub>3</sub>Al Matrix Composite Coating on Aviation Titanium Alloy  
Li Jianing Gong Shuili Shan Feihu et al

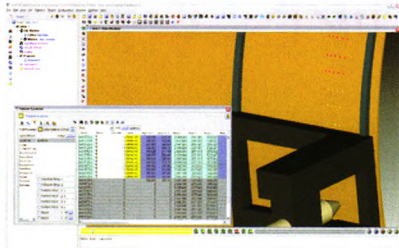


42  
特别关注  
Special Focus

激情创新 引领前沿

金卯

当进行昂贵的机身零件装配时，钻铆过程发生错误代价是非常高昂的！您打算花多少时间来避免这些错误呢？



VERICUT钻铆编程选项模块提供了一个友好的界面，这样用户可以方便快捷地创建CNC自动钻铆数控程序。

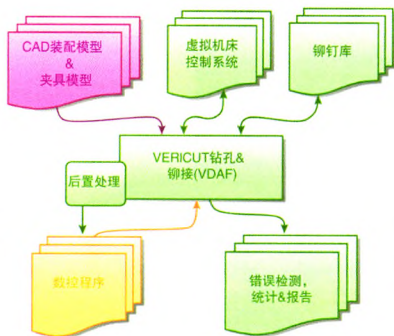
VERICUT钻铆技术(VDAF)能够帮您避免以下问题：

- 在错误位置钻孔或者铆接
- 遗漏钻孔或者铆接
- 在正确位置应用了不正确尺寸的钻头或铆钉
- 没有预先钻孔而直接铆接
- 重复钻孔或者重复铆接
- 使用错误的铆钉
- 钻铆机在钻铆时结构碰撞
- 和夹具碰撞
- 和已添加的铆钉碰撞

VERICUT钻铆(VDAF)是一个自动钻铆的编程与仿真软件应用程序。VDAF是独立于机床和CAD系统的。

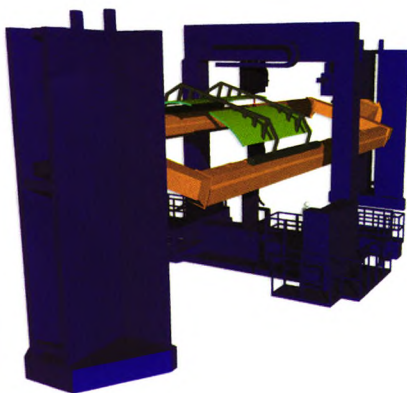
### VERICUT 钻铆编程

VERICUT钻铆编程模块能够创建CNC自动钻铆机的NC程序，铆钉显示在对话框中，通过对话框，用户可以在树形结构树中分类组织铆钉并根据具体需要进行排序。



### VERICUT 钻铆仿真

可视化的仿真CNC钻铆接机，验证用于实际机床的NC代码。VERICUT钻铆仿真VDAF独立于VERICUT钻铆编程，VERICUT钻铆仿真可以模拟来自于任意编程系统应用到任何自动钻铆接机的NC程序。



### 81 氢对TC4钛合金扩散焊影响的机理初探

张蕾 侯金保 张赋升 等  
Primary Discussion About Action Mechanism of Hydrogen for TC4 Titanium Diffusion Bonding  
Zhang Lei Hou Jinbao Zhang Fusheng et al

### 85 热处理制度对TA15线性摩擦焊接头性能的影响

刘颖 张田仓 张传臣 等  
Effect of Heat-Treatment on Mechanical Properties of TA15 Linear Friction Welded Joint  
Liu Ying Zhang Tiancang Zhang Chuanchen et al

### 87 TA15钛合金高压及中压电子束焊接接头组织性能研究

贺飞  
Investigation on Microstructure and Mechanical Properties of High and Medium-Pressure Electron Beam Welded TA15 Titanium Alloy  
He Fei

### 90 钛合金光纤激光焊接接头特征分析

许飞 巩水利 陈俐 等  
Characteristics of Titanium Alloy by Fibre Laser Welding  
Xu Fei Gong Shuili Chen Li et al

### 93 焊后热处理对TC4-DT钛合金电子束焊接接头组织性能的影响

韩鹏 毛智勇 付鹏飞 等  
Effect of Post-Weld Heat Treatment on Microstructure and Mechanical Properties in TC4-DT EB Joint  
Han Peng Mao Zhiyong Fu Pengfei et al

## 复杂构件综合制造技术

Synthetic Manufacturing Technology of Complex Structure

### 97 TA15钛合金小圆角梯形截面环热成形技术

张涛 姜波 孙宾 等  
Hot Forming Technology of TA15 Titanium Alloy Small Rounded Trapezoidal Cross Section-Ring Part  
Zhang Tao Jiang Bo Sun Bin et al

### 100 大直径钛合金薄壁筒形件制造工艺研究

陈荣平 黄锐 王勇超 等  
Study on Manufacturing Technology of Large-Diameter Thin-Walled Cylindrical Workpiece of Titanium Alloy  
Chen Rongping Huang Rui Wang Yongchao et al

### 103 TC4钛合金杯形件等温挤压数值模拟研究

杨文华 吉卫 周朝辉 等  
Finite Element Simulation of Isothermal Extrusion Process of TC4 Alloy Cup-Shaped Workpiece  
Yang Wenhua Ji Wei Zhou Chaohui et al

广告索引号 13-084



北京新吉泰软件有限公司CGTech China

地址：北京市朝阳区建国路126号瑞泰大厦905室(100022)  
电话：010-65669919 010-65661138 010-65661938  
传真：010-65661538

万方数据：http://www.vericut.cn http://www.cgtech.com

**107** TC4板材折弯临界板厚的分析与计算  
——廖金华 高志勇 赵冰 等  
Calculation of TC4 Sheet Critical Thickness in Bending Process

Liao Jinhua Gao Zhiyong Zhao Bing et al

**109** TC4钛合金复杂方锥形件热介质成形工艺仿真研究  
——郎利辉 刘康宁 蔡高参 等  
Numerical Research on Forming Technology of Complicated Taper-Shaped Part of TC4 Titanium Alloy by Thermal Deep Drawing With Heated Media

Lang Lihui Liu Kangning Cai Gaoshen et al

**113** 薄壁小弯曲半径钛合金管材弯曲技术研究  
——李鹏亮 李云飞 孙宾 等  
Study on Bend Forming Process for Titanium Alloy Tube With Thin-Walled and Small Radius

Li Pengliang Li Yunfei Sun bin et al

**116** 大曲率复杂钛合金零件成形工装设计研究  
——张云鹏  
Tooling Design and Research of Large Curvature Complex Titanium Alloy Part Forming

Zhang Yunpeng

## 成形技术研究

### Research of Forming Technology

**119** 钛合金短时高温蠕变与持久行为初步研究  
——张伟堂  
Preliminary Research on Short-Time and High Temperature Creep and Endurance Behavior of Titanium Alloy

Zhang Weitang

**122** 钛合金焊接技术在飞机制造中的应用和展望  
——赵博 李国元 许广兴  
Application and Prospect of Titanium Alloy Welding Technology in Aircraft Manufacture

Zhao Bo Li Guoyuan Xu Guangxing

**126** 钛合金蜂窝整体机身壁板技术应用研究  
——杨海波 江少华 赵志远 等  
Engineering Application Research of Titanium Honeycomb Integral Fuselage Panel Technology

Yang Haibo Jiang Shaohua Zhao Zhiyuan et al

**129** 钛合金材料在我国航空紧固件中的应用  
——张利军 郭启义 薛祥义 等  
Application of Titanium Alloy in Chinese Aircraft Fastener

Zhang Lijun Guo Qiyi Xue Xiangyi et al

**134** 机身钛合金壁板激光焊接技术研究及应用  
——赵志远 江少华 周煜青  
Research and Application of Laser Welding Technology in Titanium-Alloy Fuselage Panel

Zhao Zhiyuan Jiang Shaohua Zhou Yuqing

**139** 钛及钛合金剧烈塑性变形的研究进展  
——李卓梁 李继忠 丁桦  
Progress in Severe Plastic Deformation of Ti and Ti Alloy

Li Zhuoliang Li Jizhong Ding Hua

## 成形质量与性能测试

### Forming Quality and Performance Test

**143** 芯体缺失对钛合金蜂窝夹层结构强度的影响及规律研究

——静永娟 岳喜山 李智渊 等  
Influence From Honeycomb Core Deletion on Ti-Alloy Honeycomb Sandwich Construction

Jing Yongjuan Yue Xishan Li Zhiyuan et al

**146** TC4合金热变形特性及变形参数对组织和性能的影响

——王恒强 张文学 高建新 等  
Influence of TC4 Alloy Deformation Characteristics and Parameters on Microstructure and Mechanical Property

Wang Hengqiang Zhang Wenxue Gao Jianxin et al

**150** 钛合金腹鳍装配区裂纹失效分析  
——黄春 郭敏骁 陈福龙 等  
Failure Analysis on Assembly Area Crack of Titanium Alloy Ventral

Huang Chun Guo Minxiao Chen Fulong

**154** TC4钛合金喷丸强化表面性能对比研究  
——张新华  
Comparison Research on Surface Performance of Shot Peening TC4

Zhang Xinhua

**157** 钛合金喷丸强化影响因素分析研究  
——尚建勤  
Research on Influencing Factor of Shot Peening of Titanium Alloy Part

Shang Jianqin

**160** TC4钛合金搅拌摩擦焊焊缝成形及微观组织研究

——李继忠 董春林 栾国红 等  
Weld Appearance and Microstructure in Friction Stir Welding of Ti-6Al-4V Titanium Alloy

Li Jizhong Dong Chunlin Luan Guohong et al